



U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
PATENT AND TRADEMARK OFFICE

4 / Priority
Doc.
E. Villio
7-31-02

**CLAIM TO CONVENTION PRIORITY
UNDER 35 U.S.C. § 119**

Docket Number:
10191/2064

Application Number
10/032,973

Filing Date
Oct. 24, 2001

Examiner
To be assigned

Art Unit
2858

Invention Title
**DEVICE FOR TESTING A MATERIAL THAT
CHANGES SHAPE WHEN AN ELECTRIC
AND/OR MAGNETIC FIELD IS APPLIED**

Inventor(s)
Thomas BRINZ

Address to:
Assistant Commissioner for Patents
Washington D.C. 20231

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231 on

Date: **4/8/02**

Reg. No. 22,490

Signature: **B. Harran**

Richard L. Mayer

A claim to the Convention Priority

Date pursuant to 35 U.S.C. § 119 of Application No. 100 52 631.4 filed in the German Patent Office on October 24, 2000 is hereby made. To complete the claim to the Convention Priority Date, a certified copy of the priority application is attached.

Dated: **4/8/02**

By: **Richard L. Mayer**

Richard L. Mayer (Reg. No. 22,490)

KENYON & KENYON
One Broadway
New York, N.Y. 10004
(212) 425-7200 (telephone)
(212) 425-5288 (facsimile)

© Kenyon & Kenyon 2001



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 100 52 631.4

Anmeldetag: 24. Oktober 2000

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Vorrichtung zur Prüfung von einem durch Anlegen
eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes
formändernden Material

IPC: G 01 N, G 12 B, G 01 B

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 5. November 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Waasmaier

Anmelderin:

Robert Bosch GmbH
Postfach 30 02 20
70442 Stuttgart

"Vorrichtung zur Prüfung von einem durch Anlegen eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes formändernden Material"

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Prüfung von einem durch Anlegen eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes formändernden Material nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

Der sogenannte „Piezoeffekt“ ist seit 1880 bekannt und wurde von J. und P. Curie entdeckt. Entsprechende Materialien laden sich bei Deformation unter mechanischen Beanspruchungen elektrisch auf bzw. ändern durch Anlegen eines elektrischen Feldes ihre Form. Letzteres wird auch als sogenannter „umgekehrter piezoelektrischer Effekt“ bezeichnet, der insbesondere in der Technik in vielfältigster Weise angewendet wird.

Einige in der Natur vorkommende piezoelektrische Kristalle, z.B. Quarz, sowie verschiedenste künstlich erzeugte keramische Materialien, z.B. Titanate oder Niobate, weisen gute piezoelektrische Eigenschaften auf. Auch sind Kunststoffe gebräuchlich, die piezoelektrische Eigenschaften besitzen. Beispielsweise übertrifft das synthetische Polymer Polyvinylidenfluorid (PVDF) den piezoelektrischen Effekt von

kristallinem Quarz um das Drei- bis Fünffache.

Bislang wird bei der Entwicklung von piezoaktiven Materialien die Formänderung der Proben gemessen. Hierbei ist jedoch nachteilig, dass, insbesondere bei Verwendung vergleichsweise kleiner Proben, minimale Formänderungen zu vermessen sind. Dies führt zu vergleichsweise aufwendigen, langsamen und wirtschaftlich nachteiligen Verfahren zur Prüfung von entsprechenden Materialien, so dass entsprechende Vorrichtungen bzw. Verfahren nur bedingt beispielsweise bei zahlreichen Materialproben eingesetzt werden können.

Vorteile der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, eine Vorrichtung zur Prüfung entsprechender Materialien vorzuschlagen, die eine schnelle Charakterisierung des Materials ermöglicht und gleichzeitig mit wesentlich geringerem konstruktiven Aufwand zu realisieren ist.

Diese Aufgabe wird ausgehend von einer Vorrichtung der einleitend genannten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Durch die in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen sind vorteilhafte Ausführungen und Weiterbildungen der Erfindung möglich.

Dementsprechend zeichnet sich eine erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch aus, dass wenigstens ein Thermosensor zur Erfassung einer Temperaturänderung des Materials vorgesehen ist.

Das Anlegen des elektrischen und/oder magnetischen Feldes bedingt eine Änderung des entsprechenden Feldes, was insbesondere auch zu einer gewissen Erwärmung der

entsprechenden Materialien führt. Mit Hilfe eines erfindungsgemäßen Thermosensors ist in vorteilhafter Weise diese Temperaturänderung des Materials erfassbar. Hierdurch wird eine vergleichsweise schnelle Charakterisierung, insbesondere eine Erstcharakterisierung bei der Materialentwicklung, eines Materials ohne großen Aufwand realisierbar.

Erfindungsgemäß ist eine besonders wirtschaftlich günstige Erstcharakterisierung vor allem auch von zahlreichen, verschiedenen Materialien umsetzbar. Beispielsweise kann aufgrund dieser qualitativen Prüfung eine Selektion von Materialien mit bzw. ohne entsprechende Eigenschaften erfolgen, wodurch in vorteilhafter Weise die Anzahl der gegebenenfalls noch weiter zu untersuchenden Materialien deutlich verringert werden kann.

Vorteilhafterweise wird der Thermosensor als Strahlungsdetektor für elektromagnetische Strahlung ausgebildet. Auf diese Weise kann der Thermosensor berührungslos arbeiten. Weiterhin ist eine sehr schnelle Messung auf diese Weise möglich. Ein derartiger Strahlungsdetektor wird vorteilhafterweise im Bereich der Wärmestrahlung, insbesondere der Infrarotstrahlung vorgesehen, da hier bei Temperaturänderungen die größtmöglichen Signaländerungen zu erwarten sind und dementsprechend eine gute Messgenauigkeit ermöglicht wird. Ein derartiger Thermosensor kann beispielsweise mit Hilfe einer Infrarot-Thermokamera realisiert werden.

Vorzugsweise ist der Thermosensor lokal auflösend ausgebildet, so dass insbesondere lokal unterschiedlich erwärmte Bereiche des Materials erfassbar sind. In vorteilhafter Weise können hierbei beispielsweise optische Elemente zur Fokussierung verwendet werden, wodurch die Auflösung einer optimalen Aufnahmeeinheit verbessert werden

kann.

Alternativ können jedoch auch nicht-optische Thermosensoren, z.B. Bimetalle oder dergleichen, verwendet werden. Erfindungsgemäß sind bei diesen Ausführungsformen lokal auflösende Aufnahmeeinheiten ebenfalls vorteilhaft.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist eine Abbildungseinheit vorgesehen, so dass eine bildgebende Aufnahme von dem zu prüfenden Material erhalten werden kann. Hierbei kann beispielsweise eine Foto- oder Kameraeinheit, insbesondere mit wenigstens einer optischen Linse, eingesetzt werden. Auch werden vorzugsweise handelsübliche Abbildungseinheiten mit eventuell vorzunehmenden leichteren Modifikationen vorgesehen.

Die erfindungsgemäße Abbildungseinheit kann zusätzlich in vorteilhafter Weise zu einer Detektierung und Auswertung einer Form- bzw. Größenänderung verwendet werden, wodurch eine besonders wirtschaftlich günstige Prüfung des Materials realisierbar ist.

Bei allen erfindungsgemäßen Ausführungsformen der Erfindung wird vorzugsweise eine gleichmäßige Erfassung einer Prüffläche des Materials umgesetzt. Dies kann insbesondere mittels einer nahezu parallelen Anordnung des Thermosensors in Bezug zur Prüffläche des Materials umgesetzt werden.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist eine Einheit zur Veränderung des elektrischen und/oder magnetischen Feldes vorgesehen. Hierdurch kann beispielsweise durch vergleichsweise schnelles Ändern des elektrischen und/oder magnetischen Feldes das zu untersuchende Material besonders stark erwärmt werden, so dass vor allem neben Materialien mit besonders ausgeprägten formändernden Eigenschaften auch Materialien mit weniger stark ausgeprägten

formändernden Eigenschaften erfasst werden können. Gleichzeitig kann durch diese Maßnahme ein Thermosensor mit einer geringeren Empfindlichkeit eingesetzt werden, was wiederum die Verwendung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung aus wirtschaftlicher Sicht verbessern kann.

Vorzugsweise ist eine Einheit zur periodischen Veränderung des elektrischen und/oder magnetischen Feldes vorgesehen. Hierdurch wird ermöglicht, dass beispielsweise mittels einem handelsüblichen Generator ein sinus-, rechteckförmiger oder ähnlicher Verlauf der periodischen Veränderung des am Material anliegenden elektrischen und/oder magnetischen Feldes vorgenommen werden kann.

Vorteilhafterweise ist das zu prüfende Material auf einem Substrat angeordnet. Hierdurch wird gewährleistet, dass vor allem auch vergleichsweise kleine Materialproben mittels einem entsprechenden Substratträger handhabbar sind. Entsprechend kleine Materialproben sind für eine Erstcharakterisierung ausreichend und ermöglichen gegebenenfalls eine vorteilhafte Fertigung der Materialproben einschließlich des Substrates.

In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung ist eine Temperaturregelung des Substrates vorgesehen. Hierdurch kann beispielsweise eine konstante Temperatur des Substrates eingestellt werden, so dass sich eine Temperaturänderung des Substrates nicht nachteilig auf die Prüfung des Materials auswirken kann. Hierbei kann das Substrat mittels einer Klimakammer, Heiz-, Kühlvorrichtung und/oder dergleichen thermostatisiert werden. Gegebenenfalls ermöglicht auch ein entsprechend groß dimensioniertes Substrat mit vergleichsweise guter Wärmeleiteigenschaft eine ausreichende Temperaturregelung.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist eine

elektrische Kontaktierung des zu prüfenden Materials vorgesehen. Hierbei kann beispielsweise die elektrische Kontaktierung in auftragender Weise, beispielsweise durch Sputtern, Aufkleben einer Metallschicht oder entsprechender Verfahren, umgesetzt werden. Mit einer erfindungsgemäßen Kontaktierung ist das Anlegen eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes an das zu prüfende Material ohne großen Aufwand realisierbar.

Vorzugsweise ist eine Erfassungseinheit zur Erfassung der auf den elektrischen Strom zurückzuführenden Teil der Materialerwärmung vorgesehen. Hierbei wird gewährleistet, dass lediglich die aufgrund der auf den elektrischen Strom zurückzuführende Teil der Materialerwärmung erfassbar ist. Dies ermöglicht eine Kompensation der durch den elektrischen Strom hervorgerufenen Materialerwärmung. Hierbei wird in einer bevorzugten Ausführungsform mittels einer Auswerteeinheit ein Abgleich der mit dem Thermosensor erfassten Temperaturerhöhung des zu prüfenden Materials mit dem auf den elektrischen Strom zurückzuführende Teil der Materialerwärmung vorgenommen. Hierdurch ist lediglich die durch das Anlegen des elektrischen und/oder magnetischen Feldes hervorgerufenen Temperaturänderung des Materiales erfassbar, womit in vorteilhafter Weise mögliche Fehlmessungen mittels des Thermosensors vermeidbar sind.

In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung sind wenigstens zwei verschiedene Prüfbereiche auf dem Substrat vorgesehen, wobei die Prüfbereiche gegebenenfalls verschiedene Materialien aufweisen. Hierdurch wird in vorteilhafter Weise eine vergleichsweise schnelle Prüfung verschiedenster Materialien mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung realisierbar.

Vorzugsweise können mittels der erfindungsgemäßen Abbildungseinheit die verschiedenen Prüfbereiche

gegebenenfalls mit lediglich einer Aufnahme erfasst werden. Insbesondere die vorteilhaften Abbildungseigenschaften der genannten Einheit ermöglicht hierbei eine schnelle Charakterisierung der einzelnen Prüfbereiche.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind zahlreiche verschiedene Prüfbereiche mit ähnlicher Zusammensetzung vorgesehen. Beispielsweise werden entsprechende Materialien auf einem Substrat mit in der kombinatorischen Chemie gebräuchlichen Verfahren hergestellt.

In vorteilhafter Weise sind zahlreiche, verschiedene Prüfbereiche rasterartig auf dem Substrat angeordnet. Hierdurch wird die schnelle Charakterisierung der einzelnen Prüfbereiche, insbesondere aufgrund einer vergleichsweise einfach zu realisierenden Systematisierung der Anordnung der Prüfbereiche, zusätzlich verbessert.

Vorteilhafterweise ist eine Messeinheit zur Messung der Formänderung des Prüflings vorgesehen. Hierdurch wird gewährleistet, dass das zu prüfende Material bzw. die verschiedenen Prüfbereiche, insbesondere nach der erfindungsgemäßen Erfassung der Temperaturänderung des Materials, auch quantitativ untersucht werden können. Hierbei kann beispielsweise eine Klassifizierung der Materialien aufgrund unterschiedlich ausgeprägter Formänderungen durchgeführt werden.

Vorzugsweise ist eine optische Messeinheit zur Erfassung von Form- bzw. Längenänderungen vorgesehen. In vorteilhafter Weise kann hierbei ein unter einem vorgegebenen Winkel auf den Prüfling einfallender Lichtstrahl, der auf diesem reflektiert wird, insbesondere mittels der auf dem zu prüfenden Material aufgebrachten elektrischen Kontaktierung, so dass eine Änderung der Form des Materials zu einer veränderten Auslenkung des reflektierten Licht- bzw.

Laserstrahls führt. Durch Auswertung der Ablenkung des Licht- bzw. Laserstrahls kann die Längenänderung des zu prüfenden Materials bestimmt werden.

Auch kann mittels der erfindungsgemäßen Abbildungseinheit die Formänderung des Materials quantifiziert werden. Hierbei ist mittels einer vorteilhaften Kombination der Abbildungseinheit mit den zuvor beschriebenen Form- bzw. Längenänderungsmessungen eine dreidimensionale Vermessung des zu prüfenden Materials realisierbar.

Ausführungsbeispiel

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird anhand der Figuren nachfolgend näher erläutert.

Im Einzelnen zeigen

- | | |
|---------|---|
| Figur 1 | eine schematisch dargestellte erfindungsgemäße Vorrichtung, |
| Figur 2 | ein schematisch dargestelltes zu prüfendes Material während einer Messung der Längenänderung und |
| Figur 3 | ein schematisch dargestelltes zu prüfendes Material während einer zweiten Messung der Längenänderung. |

In Figur 1 ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung schematisch dargestellt, wobei mittels einer Infrarot-Thermokamera 1 ein durch Anlegen eines elektrischen Feldes formänderndes Prüfmaterial 2 geprüft wird. Hierbei sind zahlreiche, verschiedene Materialproben 2 rasterartig auf einem Substrat 3 angeordnet. Bei den Prüfmaterialien 2 handelt es sich

vorzugsweise um Keramiken, Kunststoffe oder dergleichen, die bezüglich ihrer piezoaktiven Eigenschaft untersucht werden. Die IR-Thermokamera 1 erfasst hierbei den gesamten Bereich des Substrates 3.

In nicht näher dargestellter Weise wird das Substrat 3 auf einer Heizplatte oder in einer Klimakammer thermostatisiert.

Das Substrat 3 kann beispielsweise aus Aluminiumoxid bestehen oder als Platin dotierter Siliziumwafer ausgeführt sein. Die verschiedenen Prüfmaterialien 2 werden mittels bereits bekannter Verfahren auf dem Substrat 3 aufgebracht. Die zahlreichen, verschiedenen rasterartig auf dem Substrat 3 angeordneten Prüfbereiche 2 werden mittels gebräuchlicher Siebdruck- und Lithografie-Verfahren erzeugt.

Die Oberseite der Prüfmaterialien 2 ist mit einer Metallschicht 4 als Elektrode 4 versehen, die beispielsweise durch Sputtern aufgebracht wird. Diese Metallschicht 4 gewährleistet sowohl eine elektrische Kontaktierung des Prüfmaterials 2 als auch einen vergleichbaren Emissionskoeffizienten der einzelnen Prüfmaterialien 2.

Zur Prüfung der Prüfmaterialien 2 wird insbesondere ein elektrisches Feld im Bereich der Prüfmaterialien 2 angelegt. Hierfür kann z.B. eine nicht näher dargestellte Draht- oder Federkontaktierung vorgesehen werden. Für die Prüfung der Prüfmaterialien 2 wird hiermit ein wechselndes Feld an den Prüfmaterialien 2 angelegt, das vergleichsweise schnell geschaltet wird. Hierbei wird die Erwärmung durch die elektrische Leistung (Widerstandsheizung) durch Bestimmung der Leitfähigkeit ermittelt. Eine nicht näher dargestellte Auswerteeinheit ist dazu in der Lage, diese aufgrund der Widerstandsheizung hervorgerufenen Erwärmung der Prüfmaterialien 2 abzugleichen, so dass ausschließlich die Erwärmung aufgrund der piezoaktiven Eigenschaft der

Prüfmaterialien 2 ermittelt werden kann.

Alternativ hierzu kann unter der Elektrode 4, d.h. zwischen dem Prüfmaterial 2 und der Elektrode 4, eine elektrisch isolierende Schicht eingebracht werden, so dass das Prüfmaterial 2 nicht stromdurchflossen ist, sondern ausschließlich von dem elektrischen Feld durchsetzt wird. Die elektrisch isolierende Schicht kann beispielsweise aus Aluminiumoxid bestehen. Das elektrische Feld wird hierbei mittels der Elektrode 4 sowie einer Elektrode 5 erzeugt, die ober- und unterhalb des Prüfmaterials 2 angeordnet sind.

Insbesondere bei der zuletzt dargestellten Ausführungsform der Erfindung wird die aufgebrachte obere Elektrode 4 zur Reflexion eines Licht- bzw. Laserstrahls 6 gemäß der Figur 2 bzw. 3 verwendet. Hierzu wird der Laser- oder Lichtstrahl 6 in einem vorgegebenen Winkel auf die zu prüfenden Materialien 2 gerichtet, wobei je nach Längenausdehnung der Prüfmaterialien 2 der reflektierte Laser- oder Lichtstrahl 7 unterschiedlich ausgelenkt wird. Die Auswertung der Reflexion erfolgt in nicht näher dargestellter Weise beispielsweise mittels Photodioden, die seitlich an einer Wand angebracht sind.

In Figur 3 ist im Unterschied zur Figur 2 eine Cantileverfeder 8 zur Bestimmung der Längenausdehnung des Prüfmaterials 2 vorgesehen. Entsprechende Cantileverfedern 8 sind beispielsweise aus der AFM-Mikroskopie bekannt.

Vorzugsweise erfolgt die Aufnahme mittels der IR-Thermokamera 1 parallel bezüglich der Oberfläche der Prüfmaterialien 2. Hierdurch kann insbesondere auch eine Größenausdehnung der Prüfmaterialien 2 wahrgenommen werden und gegebenenfalls mittels einer entsprechenden Auswerteeinheit ausgewertet werden. Es ist auch denkbar, dass die IR-Thermokamera 1 unter einem bestimmten Winkel bezüglich des Substrates 3 angeordnet

werden kann.

Bezugszeichenliste:

- | | |
|---|-----------------|
| 1 | IR-Thermokamera |
| 2 | Prüfmaterial |
| 3 | Substrat |
| 4 | Elektrode |
| 5 | Elektrode |
| 6 | Lichtstrahl |
| 7 | Lichtstrahl |
| 8 | Cantileverfeder |

Ansprüche:

1. Vorrichtung zur Prüfung von einem durch Anlegen eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes formändernden Material (2), insbesondere von einem piezoaktiven Material (2), mit einem Generator zur Erzeugung eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Thermosensor (1) zur Erfassung einer Temperaturänderung des Materials (2) vorgesehen ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Thermosensor als Strahlungsdetektor für elektromagnetische Strahlung ausgebildet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Thermosensor (1) lokal auflösend ausgebildet ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abbildungseinheit (1) vorgesehen ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einheit zur Veränderung des elektrischen und/oder magnetischen Feldes vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einheit zur periodischen Veränderung des elektrischen und/oder magnetischen Feldes vorgesehen ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zu prüfende Material (2) auf einem Substrat (3) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Temperaturregelung des Substrates (3) vorgesehen ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektrische Kontaktierung (4, 5) des zu prüfenden Materials (2) vorgesehen ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Erfassungseinheit zur Erfassung der auf den elektrischen Strom zurückzuführende Teil der Materialerwärmung vorgesehen ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Auswerteeinheit zum Abgleich der mit dem Thermosensor (1) erfassten Temperaturerhöhung des zu prüfenden Materials (2) mit dem auf den elektrischen Strom zurückzuführende Teil der Materialerwärmung vorgesehen ist.

12. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Substrat (3) wenigstens zwei verschiedene Prüfbereiche (2) vorgesehen sind, wobei die Prüfbereiche (2) verschiedene Materialien (2) aufweisen.

13. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zahlreiche, verschiedene Prüfbereiche (2) rasterartig auf dem Substrat (3) angeordnet sind.

14. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Messeinheit zur Messung der Formänderung des Prüflings (3) vorgesehen ist.

15. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine optische Messeinheit für Form- bzw. Längenänderungen vorgesehen ist.

Zusammenfassung:

Es wird eine Vorrichtung zur Prüfung von einem durch Anlegen eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes formändernden Material (2), insbesondere von einem piezoaktiven Material (2), mit einem Generator zur Erzeugung eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes vorgeschlagen, die eine schnelle Charakterisierung des Materials (2) ermöglicht und gleichzeitig mit wesentlich geringerem konstruktiven Aufwand zu realisieren ist. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass wenigstens ein Thermosensor (1) zur Erfassung einer Temperaturänderung des Materials (2) vorgesehen ist.

1/2

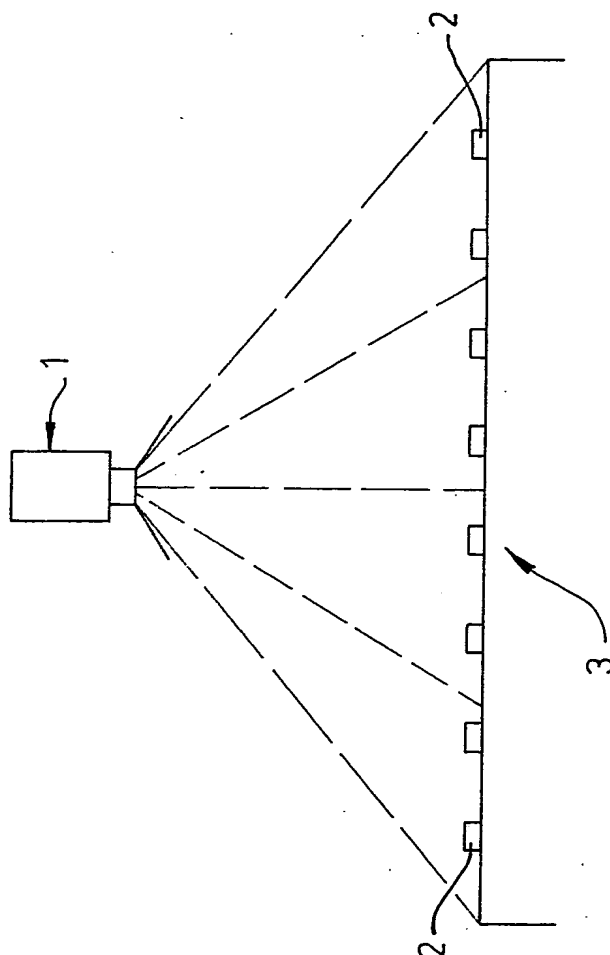


Fig. 1

2/2

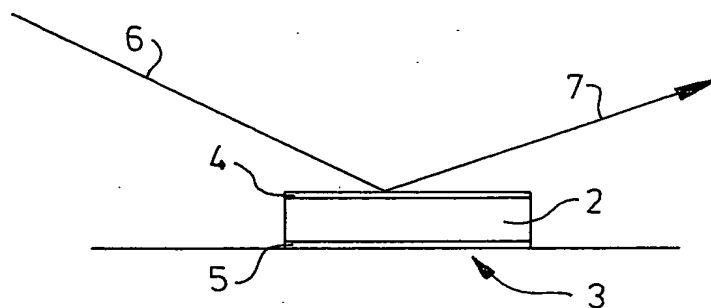


Fig. 2

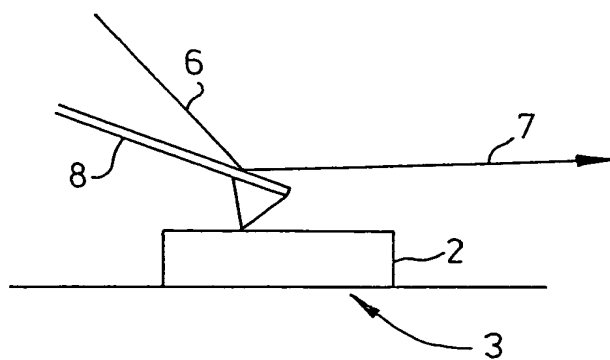


Fig. 3